

4

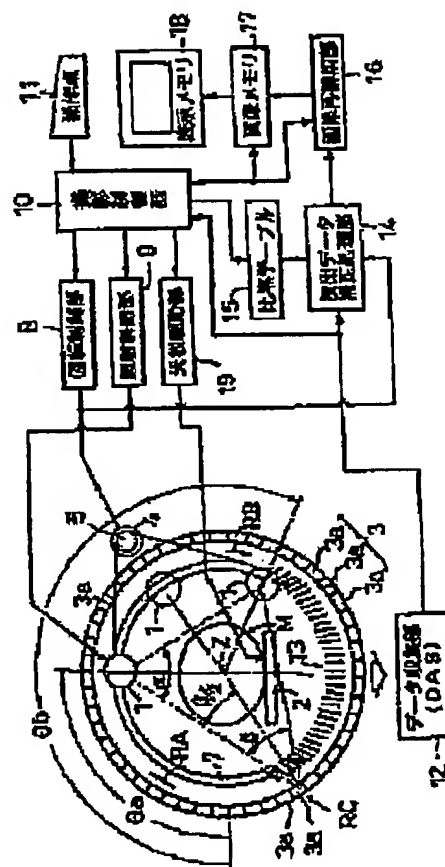
## COMPUTERIZED TOMOGRAPH

Patent number: JP2001017420  
Publication date: 2001-01-23  
Inventor: OI JUNICHI; TONAMI HIROMICHI  
Applicant: SHIMADZU CORP  
Classification:  
- international: A61B6/03; G01T7/00  
- european:  
Application number: JP19990190256 19990705  
Priority number(s):

### Abstract of JP2001017420

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To avoid the deterioration of space resolution caused by the incidence of scattered X-rays into an X-ray detector.

**SOLUTION:** X-rays enter an X-ray detector 3 via a scattered X-ray removing collimator 13 in this computerized tomograph, and scattered X-rays are removed by the collimator 13 before entering the X-ray detector 3. Since the collimator 13 is moved integrally with an X-ray tube 1, the incidence angle of X-rays to the collimator 13 is invariably made constant, and such a case is avoided that the X-rays effective for image reconstitution process are interrupted by the collimator 13 and cannot be detected. The intensity fluctuation of the X-ray detection data caused by the change of the positional relation of the collimator 13 to the X-ray detector 3 is removed by the signal correction process of a detection data correction section 14, thereby the deterioration of space resolution caused by the incidence of scattered X-rays into the X-ray detector 3 can be properly avoided.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-17420

(P2000-17420A)

(43) 公開日 平成12年1月18日 (2000.1.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 2 3 C 8/36

識別記号

F I

C 2 3 C 8/36

テーマコード (参考)

4 K 0 2 8

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-187346

(22) 出願日 平成10年7月2日 (1998.7.2)

(71) 出願人 596037194

パスカル株式会社

兵庫県伊丹市鴻池字街道下9番1

(72) 発明者 細川 富秋

伊丹市鴻池字街道下9番1 パスカル株式会社内

(72) 発明者 北浦 一郎

伊丹市鴻池字街道下9番1 パスカル株式会社内

(74) 代理人 100089004

弁理士 岡村 俊雄

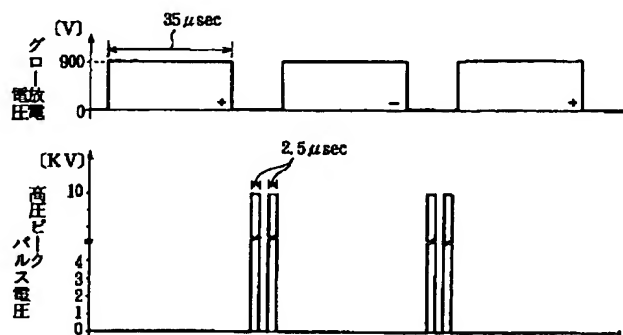
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法及びそのグロー放電処理装置

(57) 【要約】

【課題】 後工程を施すことなく窒化層、拡散層を極力、処理対象物の奥深くまで厚く形成すること、グロー放電処理時間の短縮化を図ること。

【解決手段】 主回路により発生したインバータ周波数を10KHzとする約900Vのパルス状のグロー放電電圧が処理容器（陽極）に供給され、処理容器内の処理対象物にグロー放電処理が施される。これと同時に、グロー放電電圧のデッドタイム期間DTの開始後から所定微小時間Δtだけ遅らせて、インバータ周波数を100KHzとする、例えば約10KVのアーカ放電領域に属する高圧ピークパルスが高圧ピークパルス用陽極に供給され、処理容器に収容された処理対象物に対してこの高圧ピークパルスにより放電処理が施されるので、アーカ放電電流が流れた局部のみに限って局部温度上昇し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeNから分離した窒素Nが処理対象物の奥深く浸透し、窒化層、拡散層を短時間で深く形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 整流平滑回路とインバータ回路と昇圧トランスと整流器とを含む主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理方法において、アーク放電領域に属する高圧ピークパルス进行处理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すことを特徴とする高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法。

【請求項2】 前記パルス状の放電電圧の休止期間に、前記高圧ピークパルス印加することを特徴とする請求項1に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法。

【請求項3】 前記パルス状の放電電圧の休止期間開始後、所定微小時間遅らせて前記高圧ピークパルス印加することを特徴とする請求項2に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法。

【請求項4】 前記パルス状の放電電圧印加中に前記高圧ピークパルス印加することを特徴とする請求項1に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法。

【請求項5】 整流平滑回路とインバータ回路と昇圧トランスと整流器とを含む主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理装置において、アーク放電領域に属する高圧ピークパルス発生させる高圧ピークパルス発生手段を設け、この高圧ピークパルス発生手段で発生させた高圧ピークパルス进行处理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すことを特徴とする高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項6】 前記パルス状の放電電圧を印加する為の陽極よりも処理対象物に接近させて設けた高圧ピークパルス用網状陽極を介して、前記高圧ピークパルス进行处理対象物に印加することを特徴とする請求項5に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項7】 前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流平滑回路に接続された高圧ピークパルス用インバータ回路と、この高圧ピークパルス用インバータ回路に接続された高圧ピークパルス用昇圧トランスと、この高圧ピークパルス用昇圧トランスに接続された整流器とを備えたことを特徴とする請求項5又は6に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項8】 前記高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に直列接続したコンデンサを設け、このコンデンサにより高圧ピークパルス用昇圧トランスの偏磁を防止するとともに、放電負荷インピーダンス低下時に高圧ピ

ークパルス用昇圧トランスの1次側に過電流が流れるのを防止することを特徴とする請求項7に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項9】 前記高圧ピークパルス発生手段は、前記昇圧トランスの1次側に接続された火花発振電圧用昇圧トランスと、この昇圧トランスに接続されたコンデンサ及び火花発生部と、その昇圧トランスとコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたことを特徴とする請求項5又は6に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項10】 前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流器の出力側にリアクトルを介して接続されたコンデンサ及び火花発生部と、そのコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたことを特徴とする請求項5又は6に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【請求項11】 前記高圧ピークパルス発生手段は、前記昇圧トランスの2次コイルに接続された高圧ピークパルス発生用コイルと、この高圧ピークパルス発生用コイルに接続された整流器と、この整流器に接続され且つコンデンサと抵抗を含むパルス発生回路とを備えたことを特徴とする請求項5又は6に記載の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法及びそのグロー放電処理装置に関し、特にパルス状の放電電圧によるグロー放電と高圧ピーパルスによる放電処理を併用することで、短時間で効率良く、窒化層や拡散層を処理対象物の奥深くまで厚く形成するようにした技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、イオン窒化処理、プラズマ浸炭処理、プラズマCVD処理などの表面処理として、直流グロー放電を利用したイオン／プラズマ窒化処理、所謂グロー放電処理が種々提案されるとともに、実用に供されている。例えば、特開平7-62521号公報に記載の「グロー放電処理装置におけるアーク放電後の復帰方法」、特開平7-78697号公報に記載の「グロー放電処理方法」においては、商業用3相交流を整流し、インバータ制御部及び昇圧トランスを介してパルス状の放電電圧を発生させ、この放電電圧を処理容器の電極に印加させることで、処理容器内に収容された処理対象物にグロー放電による各種の窒化処理を施すようになっている。

【0003】ここで、処理対象物をイオン窒化した場合に生成される窒化層については、通常、処理対象物の表面に8μ程度の化合物層が形成され、その化合物層の下

側に拡散層が形成される。例えば、炭素鋼S45Cをイオン窒化する場合に、ガス圧として約5Torr、処理温度として約500°C、ガス組成として窒素20%で且つ水素80%、処理時間として8時間という処理条件によるグロー放電処理により、約0.2mmの層厚で窒化層を形成することができる。

【0004】このように、窒化処理に関係するパラメータは、グロー放電に供する放電電圧及び放電電流、ガス圧、ガス混合比率(組成)、処理時間、処理温度、処理材質などであり、このうちの拡散層の深さには、処理時間と処理温度とが、過去に行なわれた窒化処理に関するデータより特に影響を及ぼす要件であることが分かっている。ここで、処理時間については、拡散支配による放物線則、所謂拡散則に基づくことから、深さは頭打ちになり、実用上、24時間などの処理時間は問題がある。

【0005】また、処理温度については、約600°Cが上限であり、それ以上の温度では、組成変形が生じて処理対象物の変形することになる。ところで、最近では、耐久性、耐摩耗性や耐錆性を向上する為に、処理対象物の窒化層をより奥深く形成することが望まれている。ここで、参考までに、従来の高周波焼き入れ処理、浸炭焼き入れ処理をする場合には、焼き入れ層の深さとして約3mmと深く形成することができる反面、処理後においては、処理対象物の変形(形状歪み)を取る為の加工工程や洗浄工程などの後工程を施すようにしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述したように、従来の高周波焼き入れ処理、浸炭焼き入れ処理の場合には、焼き入れ層を約3mmと深く形成することができる一方、加工工程や洗浄工程などの後工程が必要になり、生産性が低下し、処理コストが増大するという問題がある。また、特開平7-62521号公報や特開平7-78697号公報に記載のグロー放電処理技術を用いる場合には、後工程を必要としないが、8時間もグロー放電処理を施しても、約0.2mmの層厚でしか窒化層を形成することができないという問題がある。

【0007】本発明の目的は、後工程を施すことなく窒化層の層厚を、処理対象物の奥深くまで厚く形成すること、グロー放電処理時間の短縮化を図ること、などである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法は、整流平滑回路とインバータ回路と昇圧トランスと整流器とを含む主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理方法において、アーク放電領域に属する高圧ピークパルス処理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すことを特徴

とするものである。

【0009】主回路により発生するパルス状の、例えば約900Vの放電電圧で容器内の処理対象物に対して、例えば約600°Cの処理温度でグロー放電処理が実行され、処理対象物の表面には、従来方法での窒化層が形成されるとともに、アーク放電領域に属する、例えばピーク電圧が10KVで約2.5μsecのパルス幅を有する高圧ピークパルス処理対象物に印加することにより、この高圧ピークパルスによるアーク放電での電流密度が高くなり、そのアーク放電電流が流れた局部にのみ温度上昇が発生し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeNから分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層が短時間で深く形成される。

【0010】このとき、極めて短時間の高圧ピークパルス印加するだけなので、処理対象物の温度を約600°Cに抑制できる。更に、高圧ピークパルスにより高速の電子、イオンが発生し、放電中における解離や電離や励起を小パワーで効率的に促進できる。

【0011】請求項2の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法は、請求項1の発明において、前記パルス状の放電電圧の休止期間に、前記高圧ピークパルスを印加することを特徴とするものである。この場合、グロー放電の休止期間であっても、例えば10KVもの高圧ピークパルスが印加されるので、高速の電子、イオンが発生し、この高速の電子、イオンによる放電処理により、窒化層、拡散層をより深く形成できる。その他請求項1と同様の作用を奏する。

【0012】請求項3の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法は、請求項2の発明において、前記パルス状の放電電圧の休止期間開始後、所定微小時間遅らせて高圧ピークパルスを印加することを特徴とするものである。この場合、主回路のインバータ回路に設けられたIGBT(Isolation Gate Bipolar Transistor)の応答遅れがあっても、パルス状の放電電圧の休止期間開始後、所定微小時間遅らせて高圧ピークパルスを印加するので、これら主回路によるパルス状の放電電圧と高圧ピークパルスとが相互に干渉することなく発生でき、IGBTを破壊するようなことなく、高圧ピークパルスによる放電処理を容易に併用できる。その他請求項2と同様の作用を奏する。

【0013】請求項4の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法は、請求項1の発明において、前記パルス状の放電電圧印加中に高圧ピークパルスを印加することを特徴とするものである。この場合、グロー放電による放電処理中に、例えば10KVもの高圧ピークパルスが印加されるので、パルス状の放電電圧によるグロー放電処理を実行することができる上、高圧ピークパルスにより発生した高速の電子、イオンを用いた放電処理により、窒化層、拡散層をより深く形成できる。その他請求項1と同様の作用を奏する。

【0014】請求項5の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、整流平滑回路とインバータ回路と昇圧トランスと整流器とを含む主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理装置において、アーク放電領域に属する高圧ピークパルスを発生させる高圧ピークパルス発生手段を設け、この高圧ピークパルス発生手段で発生させた高圧ピークパルスを処理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すことを特徴とするものである。

【0015】主回路により発生するパルス状の、例えば約900Vの放電電圧で容器内の処理対象物に対して、例えば約600°Cの処理温度でグロー放電処理が実行され、処理対象物の表面には、従来方法での窒化層が形成されるとともに、高圧ピークパルス発生手段は、アーク放電領域に属する、例えば10KVの高圧ピークパルスを発生させるので、この高圧ピークパルスを処理対象物に印加することにより、この高圧ピークパルスによるアーク放電での電流密度が高くなり、そのアーク放電電流が流れた局部にのみ温度上昇が発生し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeNから分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層が短時間で深く形成される。このとき、極めて短時間の高圧ピークパルスを印加するだけなので、処理対象物の温度を約600°Cに抑制できる。更に、高圧ピークパルスにより高速の電子、イオンが発生し、放電中における解離や電離や励起を小パワーで効率的に促進できる。

【0016】請求項6の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、請求項5の発明において、前記パルス状の放電電圧を印加する為の陽極よりも処理対象物に接近させて設けた高圧ピークパルス用網状陽極を介して、高圧ピークパルスを処理対象物に印加することを特徴とするものである。

【0017】この場合、高圧ピークパルス用網状陽極が設けられていても、パルス状の放電電圧により、容器内の処理対象物にグロー放電処理できるとともに、高圧ピークパルス用網状陽極に印加された高圧ピークパルスによる放電処理も何ら障害なく併用できる。また、パルス状の放電電圧を印加する陽極と高圧ピークパルス用網状陽極との距離を、高圧ピークパルス用網状陽極と処理対象物との距離よりも大きく設定することで、高圧ピークパルスによる主回路への影響を回避することができる。更に、高圧ピークパルス用網状陽極を円形にすることで、処理対象物の狭いスリット部や角部などの細部にもグロー放電処理（窒化処理）が期待できる。その他請求項5と同様の作用を奏する。

【0018】請求項7の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、請求項5又は6の発明において、

前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流平滑回路に接続された高圧ピークパルス用インバータ回路と、この高圧ピークパルス用インバータ回路に接続された高圧ピークパルス用昇圧トランスと、この高圧ピークパルス用昇圧トランスに接続された整流器とを備えたことを特徴とするものである。

【0019】この場合、これら順次接続された高圧ピークパルス用インバータ回路と高圧ピークパルス用昇圧トランスと整流器とにより、主回路と同様に、高圧ピークパルスを容易に発生させることができる。しかも、高圧ピークパルス用インバータ回路における点弧周波数（インバータ周波数）を変更することで、高圧ピークパルスのサイクル周期を任意に変更できる。その他請求項5又は6と同様の作用を奏する。

【0020】請求項8の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、請求項7の発明において、前記高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に直列接続したコンデンサを設け、このコンデンサにより高圧ピークパルス用昇圧トランスの偏磁を防止するとともに、放電負荷インピーダンス低下時に高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に過電流が流れるのを自己抑制的に防止することを特徴とするものである。

【0021】この場合、高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側にコンデンサが直列接続されているので、このコンデンサにより、高圧ピークパルス用昇圧トランスの偏磁が防止されるとともに、容器内の放電負荷インピーダンスが急激に低下して高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に過電流が流れるのを自己抑制的に防止できる。その他請求項7と同様の作用を奏する。

【0022】請求項9の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、請求項5又は6の発明において、前記高圧ピークパルス発生手段は、昇圧トランスの1次側に接続された火花発振電圧用昇圧トランスと、この昇圧トランスに接続されたコンデンサ及び火花発生部と、その昇圧トランスとコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたことを特徴とするものである。

【0023】この場合、主回路のインバータ回路からの出力電圧により火花発振電圧用昇圧トランスが駆動され、火花発振電圧用昇圧トランスの出力電圧を受けて、コンデンサと火花発生部とで高周波パルスが発生し、その高周波パルスが火花発振昇圧トランスにより昇圧されて整流器で整流されて高圧ピークパルスが発生し、この高圧ピークパルスが高圧ピークパルス用網状陽極に印加される。これにより、火花発振器開閉手段を別途設けることなく、高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間で深く形成できる。その他請求項5又は6と同様の作用を奏する。

【0024】請求項10の高圧ピークパルス印加併用式

グロー放電処理装置は、請求項5又は6の発明において、前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流器の出力側にリアクトルを介して接続されたコンデンサ及び火花発生部と、そのコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたことを特徴とするものである。

【0025】この場合、主回路の整流器からの出力電圧を受けて、コンデンサと火花発生部とで高周波パルスが発生し、その高周波パルスが火花発振昇圧トランスにより昇圧され、整流器で整流されて高圧ピークパルスが発生し、この高圧ピークパルスが高圧ピークパルス用網状陽極に印加される。これにより、火花発振器開閉手段や火花発振電圧用昇圧トランスなどを別途設けることなく、高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間で深く形成できる。その他請求項5又は6と同様の作用を奏する。

【0026】請求項11の高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置は、請求項5又は6の発明において、前記高圧ピークパルス発生手段は、昇圧トランスの2次コイルに接続された高圧ピークパルス発生用コイルと、この高圧ピークパルス発生用コイルに接続された整流器と、この整流器に接続され且つコンデンサと抵抗を含むパルス発生回路とを備えたことを特徴とするものである。

【0027】この場合、主回路の昇圧トランスの2次コイルに高圧ピークパルス発生用コイルが接続され、この高圧ピークパルス発生用コイルからの出力電圧が整流され、この整流後のパルス電圧を受けてパルス発生回路により高圧ピークパルスが発生し、この高圧ピークパルスが高圧ピークパルス用網状陽極に印加される。これにより、火花発振器開閉手段や火花発振電圧用昇圧トランスなどを別途設けることなく、高圧ピークパルスを簡単に発生でき、この高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間で深く形成できる。その他請求項5又は6と同様の作用を奏する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、図面に基いて説明する。本実施形態は、窒素ガスなどのガスを封入した処理容器内に収容した種々の処理対象物に、イオン窒化処理、プラズマ浸炭処理、プラズマCVD処理等のグロー放電処理を施す高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置に本発明を適用した場合のものである。まず、この高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置1について説明する。

【0029】図1に示すように、3相からなる商業用交流電圧（交流200V）が主回路2によりパルス状の放電電圧を発生させるようになっている。即ち、この交流電圧が整流回路3で整流された後平滑回路4で平滑され、IGBT (Isolation Gate Bipolar Transistor) か

らなる4個のインバータトランジスタTr1～Tr4（図2参照）をブリッジ状に接続したフルブリッジ型のインバータ回路5に供給され、このインバータ回路5の出力は昇圧トランス6に供給される。この昇圧トランス6からは、インバータ回路5から交互に出力されるプラス側パルス列とマイナス側パルス列が順次出力される。

【0030】そして、昇圧トランス6から出力されるパルス電圧は整流器7で整流され、この整流器7から出力されるプラス側のパルス状放電電流がプラス側出力ラインLAを介してグロー放電用陽極である円筒状の処理容器8に供給される。ここで、これら整流回路3と平滑回路4などから整流平滑回路が構成され、この整流平滑回路とインバータ回路5と昇圧トランス6と整流器7などで主回路2が構成されている。前記処理容器8には、ガスボンベ（例えば、窒素ガス等を封入したボンベ）9のガスをバルブ10を介して供給する供給管11が接続され、またバルブ13を途中部に設け、バキュームポンプ12で処理容器8内を真空にする吸引管14が接続されている。

【0031】ここで、処理容器8は、図示外の水冷ジャケットにより冷却されるとともに、観察窓（図示略）を有する真空容器として構成され、通常グロー放電処理用陽極として作用するように接地されている。この処理容器8内に上下向きの連結棒15が設けられ、複数の処理対象物Sを載置する為に、この連結棒15には、複数の円形の載置台16が所定間隔おきに階層状に設けられ、これら載置台16は連結棒15を介して一体的な陰極として作用するようになっている。整流器7のマイナス側出力ラインLBは載置台（陰極）16に接続され、連結棒15及び載置台16は処理容器8に対して絶縁されている。

【0032】ところで、処理容器8の内部の温度を測定する為に、処理容器8に近接させて温度検出器17が設けられている。この温度検出器17は放射温度計からなり、処理対象物Sの表面から放出される熱放射エネルギーを検出して測温するようになっている。また、マイナス側出力ラインLBには電流検出用変流器（カレントトランス）18が設けられ、この電流検出用変流器18により放電電流を検出することができる。そして、インバータ回路5は、パルス状放電電流のデューティ比を変更するPWM (Pulse Width Modulation) 制御が可能なコントロールユニット19の副制御部19bに接続され、温度検出器17と電流検出用変流器18とがコントロールユニット19の主制御部19aに接続されている。

【0033】また、この副制御部19bには、処理容器8に印加する放電電圧を変更して出力する為の出力設定回路20が接続されている。即ち、出力設定回路20は、インバータ回路5から出力されるパルスのデューティ比を、例えば可変抵抗器などで変更して出力するものである。主制御部19aは、温度検出器17から受ける



温度信号と電流検出用変流器18から受ける放電電流とに基づいて、フィードバック制御により4個のインバータトランジスタTr1~Tr4をPWM制御する制御信号を副制御部19bに供給する。この副制御部19bからはインバータ回路5に対して点弧信号が出力される。

【0034】ここで、インバータ回路5の作動を、図2に基づいて簡単に説明する。前記副制御部19bでは、インバータ回路5を作動させる為に、インバータ周波数に応じたパルス幅の半サイクル点弧信号が作成される。即ち、インバータ周波数を10KHzとし且つデューティ比を70%で作動させた場合には、インバータ周期Tは約100  $\mu$ secであり、半サイクル周期T/2は約50  $\mu$ secであるので、半サイクル点弧信号のパルス幅は約35  $\mu$ secである。

【0035】そして、半サイクル点弧信号(+)で2つのインバータトランジスタTr1, Tr4が駆動され、次の半サイクル点弧信号(-)で2つのインバータトランジスタTr2, Tr3が駆動されるようになっている。

【0036】即ち、4つのインバータトランジスタTr1~Tr4がデッドタイム期間DT(休止期間に相当する)だけ休止しながら順次駆動されるようになっている。つまり、正点弧サイクルのときに、これらインバータトランジスタTr1, Tr4が導通してプラス側パルス列が出力され、また負点弧サイクルのときに、これらインバータトランジスタTr2, Tr3によりマイナス側パルス列が出力される。

【0037】ところで、前記円筒状の処理容器8の内部には、図1、図3に示すように、円形の載置台16の直ぐ外側において、細い金属製の丸棒(4 $\phi$ ~6 $\phi$ 程度のSS材)を網目状に組んで接合した平面視円形の高圧ピークパルス用網状陽極(以下、単に高圧ピークパルス用陽極という)22が、処理容器(グロー放電処理用陽極)8に対して絶縁状態で配設されている。即ち、高圧ピークパルス用陽極22は、処理容器8と連結棒15及び載置台16から絶縁されている。ここで、図1に示すように、処理容器8と高圧ピークパルス用陽極22との距離L1(例えば、約80mm)は、高圧ピークパルス用陽極22と載置台16の外周との距離L2(例えば、約20mm)よりも大きく設定してある。また、高圧ピークパルス用陽極22の電極面積は、処理容器(陽極)8の電極面積の約10~20%程度に設定してある。

【0038】そして、この高圧ピークパルス用陽極22に高圧ピークパルスを供給する為に、平滑回路4の出力側に、前記インバータ回路5と同様の高圧ピークパルス用インバータ回路25が接続され、この高圧ピークパルス用インバータ回路25には昇圧トランス6と同様の高圧ピークパルス用昇圧トランス26と、整流器7と同様の高圧ピークパルス用整流器27とが、前述した昇圧トランス6と整流器7と同様に順次接続されている。これ

により、この高圧ピークパルス用整流器27から出力されるプラス側の高圧ピークパルスがプラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に供給され、高圧ピークパルス用整流器27のマイナス側出力ラインLDは連結棒15に接続されている。

【0039】ここで、高圧ピークパルス用昇圧トランス26の1次側にコンデンサ28が直列接続されており、このコンデンサ28により、高圧ピークパルス用昇圧トランス26の偏磁が防止されるとともに、処理容器8内の放電負荷インピーダンスが急激に低下して高圧ピークパルス用昇圧トランス26の1次側に過電流が流れるのを自己抑制的に防止するようになっている。また、コンデンサ28は、パルス幅を5~7  $\mu$ secとするパルス電圧により、平滑回路4の出力電圧まで略充電されるような容量に設定されている。

【0040】更に、高圧ピークパルス用インバータ回路25には、主制御部19aと同様の主制御部29aと、副制御部19bと同様の副制御部29bとを有するPWM制御が可能なコントロールユニット29が接続され、副制御部29bには出力設定回路20と同様の出力設定回路30が接続されている。次に、このように構成された高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置1により、イオン窒化処理を行うときの作用及び効果を、高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理方法を含めて説明する。

【0041】まず、イオン窒化処理に際して、グロー放電処理に供する処理対象物Sが載置台16に載置され、処理容器8内は、バキュームポンプ12で $10^{-3}$ Torr程度に真空引きされ、その後処理容器8内にガスボンベ9のガス(例えば、窒素ガス、水素、アルゴン、ヘリウム等)が導入される。そして、グロー放電処理が開始されると、図4に示すように、コントロールユニット19から、インバータ周波数を10KHzとしてインバータ回路5に、デッドタイム期間DTだけ休止しながら、半サイクル点弧信号(+)と半サイクル点弧信号(-)とが交互に出力される。

【0042】これにより、インバータ回路5からの出力電圧が昇圧トランス6で昇圧され、図5に示すように、整流器7により、例えば約900Vのパルス状のグロー放電電圧が処理容器8に供給され、処理容器8に収容された処理対象物Sにこの放電電圧によりグロー放電処理が施される。一方、図4に示すように、コントロールユニット29は、パルス状の放電電圧のデッドタイム期間DTに対応してコントロールユニット19からデッドタイム信号を受けてから、つまりデッドタイム期間DTの開始後から所定微小時間 $\Delta t$ (例えば、5  $\mu$ sec)だけ遅らせて、インバータ周波数を100KHzとしてインバータ回路25に、高圧ピークパルス点弧信号(+)と高圧ピークパルス点弧信号(-)とが交互に出力される。

【0043】これにより、インバータ回路25からの出

力電圧がコンデンサ28を介して昇圧トランス26で昇圧され、図5に示すように、整流器27により、例えば約10KVのアーク放電領域に属する高圧ピークパルスが高圧ピークパルス用陽極22に供給され、処理容器8に収容された処理対象物Sにこの高圧ピークパルスにより放電処理が併用的に施される。即ち、アーク放電領域に属する高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すので、例えばアーク放電領域に属する10KVの高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加することにより、アーク放電電流が流れた局部のみに限って局部温度上昇し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeN から分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層を短時間で深く形成することができる。

【0044】また、高圧ピークパルスは約2.5  $\mu$ sec の極めて短いパルス幅を有するパルスなので、処理対象物Sの温度は局部的に温度上昇するが、全体の温度は約60 $^{\circ}$ Cに抑制でき、熱変形することがない。更に、高圧ピークパルスにより高速の電子、イオンが発生し、放電中における解離や電離や励起を小パワーで効率的に促進できる。更に、主回路2で発生されたパルス状の放電電圧のデッドタイム期間DTの開始後、所定微小時間 $\Delta t$ 遅らせて高圧ピークパルスを印加するので、インバータ回路5に設けられたIGBTの応答遅れがあっても、これら主回路2によるパルス状の放電電圧と高圧ピークパルスとを相互に干渉することなく発生でき、IGBTを破壊するようなことなく、高圧ピークパルスによる放電処理を容易に併用することができる。

【0045】更に、処理容器(陽極)8よりも処理対象物Sに接近させて設けた高圧ピークパルス用陽極22を介して、高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加するので、主回路2で発生させたパルス状の放電電圧により、処理容器8内の処理対象物Sにグロー放電処理できるとともに、高圧ピークパルス用陽極22に印加された高圧ピークパルスによる放電処理も何ら障害なく併用できる。

【0046】また、前述したように、距離L1を距離L2よりも大きくしたので、高圧ピークパルスによる主回路2への影響を回避することができる。更に、高圧ピークパルス用網状陽極22を円形にすることで、処理対象物の狭いスリット部や角部などの細部にもグロー放電処理(窒化処理)が期待できる。ここで、高圧ピークパルス用インバータ回路25、高圧ピークパルス用昇圧トランス26、整流器27などから高圧ピークパルス発生手段が構成されている。

【0047】ところで、図6に示すように、前記グロー放電処理装置1を部分的に変更したグロー放電処理装置1Aであってもよい。即ち、前記昇圧トランス6の1次側に火花発振電圧用昇圧トランス35の1次側が並列接続され、火花発振電圧用昇圧トランス35の2次側に接

続されたコンデンサ36及び火花発生部(微小隙間からなるギャップ)37を介して火花発振昇圧トランス38の1次側が接続され、この火花発振昇圧トランス38の2次側は、整流器39とプラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に接続されるとともに、マイナス側出力ラインLDを介して連結棒15に接続されている。

【0048】ここで、前記火花発振電圧用昇圧トランス35は、負荷電流が増加すると端子電圧が急激に減少する垂下特性を有するものである。また、前記実施形態と同様のものについては同様の符号を付してある。即ち、火花発振電圧用昇圧トランス35の出力電圧でコンデンサ36が充電され、火花発生部37の隙間寸法で決定される放電開始電圧に達したときに、コンデンサ36に充電された電荷が一気に放電されることにより、火花発振昇圧トランス38の2次側には、6~10KVの高圧ピークパルスが発生し、この高圧ピークパルスが整流器39で整流後、プラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に供給される。

【0049】その結果、図7に示すように、主回路2により発生した、例えば約900Vのパルス状の放電電圧で処理容器8に収容された処理対象物Sがグロー放電処理されると同時に、アーク放電領域に属する10KVの高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加することにより、アーク放電電流が流れた局部のみに限って局部温度上昇し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeN から分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層や拡散層を短時間で深く形成することができる。また、火花発振器開閉手段を別途設けることなく、高圧ピークパルスを発生でき、この高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間で深く形成できる。ここで、火花発振電圧用昇圧トランス35、コンデンサ36、火花発生部37、火花発振昇圧トランス38整流器39などから高圧ピークパルス発生手段が構成されている。

【0050】また、図8に示すように、前記グロー放電処理装置1を部分的に変更したグロー放電処理装置1Bであってもよい。即ち、前記整流器7の出力側に、リアクトル40とコンデンサ41及び火花発生部(微小隙間からなるギャップ)42を介して火花発振昇圧トランス43の1次側が接続され、この火花発振昇圧トランス43の2次側は、整流器44とプラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に接続されるとともに、マイナス側出力ラインLBを介して連結棒15に接続されている。ここで、前記リアクトル40にはフライホイールダイオード45が並列接続されている。また、前記実施形態と同様のものについては同様の符号を付してある。

【0051】これにより、整流器7からの出力電圧でコンデンサ41が充電され、火花発生部42の隙間寸法で決定される放電開始電圧に達したときに、コンデンサ4



1に充電された電荷が一気に放電されることにより、火花発振昇圧トランス43の2次側には、6~10KVの高圧ピークパルスが発生し、この高圧ピークパルスが整流器44で整流後、プラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に供給される。その結果、図6のグロー放電処理装置1Aと同様に、図7に示すように、アーク放電領域に属する10KVの高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加することにより、原子間距離が拡大して窒化鉄FeN から分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層を短時間で深く形成することができる。ここで、リアクトル40、コンデンサ41、火花発生部42、火花発振昇圧トランス43、整流器44などから高圧ピークパルス発生手段が構成されている。

【0052】更に、図9に示すように、前記グロー放電処理装置1を部分的に変更したグロー放電処理装置1Cであってもよい。即ち、昇圧トランス6Aは、前記昇圧トランス6の2次コイルに高圧ピークパルス発生用コイル6aを追加接続したものである。そして、この高圧ピークパルス発生用コイル6aに整流器47を接続するとともに、整流器47の出力は、コンデンサ48と抵抗49とを並列接続したパルス発生回路50と、プラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に接続されている。ここで、前記実施形態と同様のものについては同様の符号を付してある。

【0053】これにより、高圧ピークパルス発生用コイル6aからの高電圧が整流器47で整流された後、パルス発生回路50のコンデンサ48が充電完了するまで、コンデンサ48の容量と高圧ピークパルス用陽極22の放電負荷インピーダンスとで略決定される微分波形である高圧ピークパルス(図10参照)が発生し、この高圧ピークパルスがプラス側出力ラインLCを介して高圧ピークパルス用陽極22に供給される。その結果、図10に示すように、アーク放電領域に属する10KVもの高圧ピークパルスを処理対象物Sに印加することにより、原子間距離が拡大して窒化鉄FeN から分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層を短時間で深く形成することができる。ここで、高圧ピークパルス発生用コイル6a、整流器47、パルス発生回路50などから高圧ピークパルス発生手段が構成されている。

【0054】前記実施形態の変更形態について説明する。

(1) 図1に示すグロー放電処理装置1において、主回路2によるグロー放電処理を停止し、高圧ピークパルス用インバータ回路25、高圧ピークパルス用昇圧トランス26、整流器27により発生される高圧ピークパルスのみによる放電処理だけで窒化層、拡散層をより深く形成することも可能である。この場合には、高圧ピークパルス用陽極22を接地できる。そして、処理対象物Sに必要な処理温度を別途設けたヒータにより得るようにしてもよい。この場合、昇温段階における処理対象物S

の表面の汚れについては、高圧ピークパルスによるスパッタリング作用により、従来と同様に清掃や洗浄することができる。

【0055】(2) また、図1に示すグロー放電処理装置1において、半サイクル点弧信号の点弧期間を短くして休止期間を、例えば35 $\mu$ secのように長くし、しかも高圧ピークパルスのデューティ比を増大することにより、窒化層や拡散層をより深く形成するようにしてもよい。

(3) 更に、イオン窒化処理、プラズマ浸炭処理、プラズマCVD処理等の種々のグロー放電処理を施す各種のグロー放電処理装置に本発明を適用し得ることは勿論である。

【0056】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、整流平滑回路とインバータ回路と昇圧トランスと整流器とを含む主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理方法において、アーク放電領域に属する高圧ピークパルスを処理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すので、例えばアーク放電領域に属する10KVで約2.5 $\mu$ secのパルス幅を有する高圧ピークパルスを処理対象物に印加することにより、アーク放電電流が流れた局部のみに限って局部温度上昇し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeN から分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層や拡散層を短時間で深く形成することができる。

【0057】また、高圧ピークパルスは0.5~2.5 $\mu$ secの極めて短い時間とするパルスなので、処理対象物の温度は局部的に温度上昇するが、全体の温度は約600 $^{\circ}$ Cに抑制でき、熱変形することがない。更に、高圧ピークパルスにより高速の電子、イオンが発生し、放電中における解離や電離や励起を小パワーで効率的に促進できる。

【0058】請求項2の発明によれば、請求項1と同様の効果を奏するが、前記パルス状の放電電圧の休止期間に、高圧ピークパルスを印加するので、グロー放電の休止期間中に、例えば10KVもの高圧ピークパルスが印加されて高速の電子、イオンが発生し、この高速の電子、イオンによる放電処理により、窒化層、拡散層を短時間でより深く形成することができる。

【0059】請求項3の発明によれば、請求項2と同様の効果を奏するが、前記パルス状の放電電圧の休止期間開始後、所定微小時間遅らせて前記高圧ピークパルスを印加するので、主回路のインバータ回路に設けられたIGBT(Isolation Gate Bipolar Transistor)の応答遅れがあっても、これら主回路によるパルス状の放電電圧と高圧ピークパルスとを相互に干渉することなく発生でき、IGBTを破壊するようなことなく、高圧ピークパ

ルスによる放電処理を容易に併用することができる。

【0060】請求項4の発明によれば、請求項1と同様の効果を奏するが、前記パルス状の放電電圧印加中に前記高圧ピークパルスを印加するので、高速の電子、イオンが発生し、この高速の電子、イオンによる放電処理により、窒化層、拡散層をより深く形成することができる。

【0061】請求項5の発明によれば、主回路により交流電圧を整流してパルス状の放電電圧を発生させ、その放電電圧で容器内にグロー放電を発生させて容器内の処理対象物にグロー放電処理を施すグロー放電処理装置において、高圧ピークパルス発生手段を設け、この高圧ピークパルス発生手段で発生させた高圧ピークパルスを処理対象物に印加し、その高圧ピークパルスによる放電処理を併用してグロー放電処理を施すので、例えばアーク放電領域に属する10KVで約2.5  $\mu$ sec のパルス幅を有する高圧ピークパルスを処理対象物に印加することにより、アーク放電電流が流れた局部に限って局部温度上昇し、原子間距離が拡大して窒化鉄FeNから分離した窒素Nが深く浸透し、窒化層、拡散層を短時間で深く形成することができる。

【0062】また、高圧ピークパルスは0.5 ~2.5  $\mu$ sec の極めて短い時間とするパルスなので、処理対象物の温度は局部的に温度上昇するが、全体の温度は約600 °Cに抑制でき、熱変形することがない。更に、高圧ピークパルスにより高速の電子、イオンが発生し、放電中における解離や電離や励起を小パワーで効率的に促進できる。

【0063】請求項6の発明によれば、請求項5と同様の効果を奏するが、前記パルス状の放電電圧を印加する為の陽極よりも処理対象物に接近させて設けた高圧ピークパルス用網状陽極を介して、前記高圧ピークパルスを処理対象物に印加するので、主回路で発生させたパルス状の放電電圧により、容器内の処理対象物にグロー放電処理できるとともに、高圧ピークパルス用網状陽極に印加された高圧ピークパルスによる処理対象物に対する放電処理を何ら障害なく併用できる。また、パルス状の放電電圧を印加する陽極と高圧ピークパルス用網状陽極との距離を、高圧ピークパルス用網状陽極と処理対象物との距離よりも大きくすることで、高圧ピークパルスによる主回路への影響を回避することができる。更に、高圧ピークパルス用網状陽極を円形にすることで、処理対象物の狭いスリット部や角部などの細部にもグロー放電処理（窒化処理）が期待できる。

【0064】請求項7の発明によれば、請求項5又は6と同様の効果を奏するが、前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流平滑回路に接続された高圧ピークパルス用インバータ回路と、この高圧ピークパルス用インバータ回路に接続された高圧ピークパルス用昇圧トランスと、この高圧ピークパルス用昇圧トランスに接続された

整流器とを備えたので、これら順次接続された高圧ピークパルス用インバータ回路と高圧ピークパルス用昇圧トランスと整流器とにより、主回路と同様に、高圧ピークパルスを容易に発生させることができる。しかも、高圧ピークパルス用インバータ回路における点弧周波数（インバータ周波数）を変更することで、高圧ピークパルスのサイクル周期を任意に変更できる。

【0065】請求項8の発明によれば、請求項7と同様の効果を奏するが、前記高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に直列接続したコンデンサを設けたので、高圧ピークパルス用昇圧トランスの偏磁を確実に防止することができるとともに、容器内の放電負荷インピーダンスが急激に低下した場合に高圧ピークパルス用昇圧トランスの1次側に過電流が流れるのを自己抑制的に確実に防止することができる。

【0066】請求項9の発明によれば、請求項5又は6と同様の効果を奏するが、前記高圧ピークパルス発生手段は、前記昇圧トランスの1次側に接続された火花発振電圧用昇圧トランスと、この昇圧トランスに接続されたコンデンサ及び火花発生部と、その昇圧トランスとコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたので、火花発振器開閉手段を別途設けることなく、高圧ピークパルスを発生でき、この高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間でより深く形成することができる。

【0067】請求項10の発明によれば、請求項5又は6と同様の効果を奏するが、前記高圧ピークパルス発生手段は、前記整流器の出力側にリアクトルを介して接続されたコンデンサ及び火花発生部と、その昇圧トランスとコンデンサと火花発生部に接続された火花発振昇圧トランスと、この火花発振昇圧トランスの出力を整流する整流器とを備えたので、火花発振器開閉手段や火花発振電圧用昇圧トランスなどを別途設けることなく、高圧ピークパルスを簡単に発生でき、この高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間でより深く形成することができる。

【0068】請求項11の発明によれば、請求項5又は6と同様の効果を奏するが、前記高圧ピークパルス発生手段は、前記昇圧トランスの2次コイルに接続された高圧ピークパルス発生用コイルと、この高圧ピークパルス発生用コイルに接続された整流器と、この整流器に接続され且つコンデンサと抵抗を含むパルス発生回路とを備えたので、火花発振器開閉手段や火花発振電圧用昇圧トランスなどを別途設けることなく、高圧ピークパルスを発生でき、高圧ピークパルスによる放電処理を併用することができ、窒化層、拡散層を短時間でより深く形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る高圧ピークパルス印加

併用式グロー放電処理装置の概略構成図である。

【図2】インバータ回路の回路図である。

【図3】処理容器の内部を示す概略斜視図である。

【図4】イオン窒素化処理における各種の信号波形図を示す図である。

【図5】陽極に印加される印加電圧波形を示す図である。

【図6】変更形態に係る図1相当図である。

【図7】陽極に印加される印加電圧波形を示す図である。

【図8】変更形態に係る図1相当図である。

【図9】変更形態に係る図1相当図である。

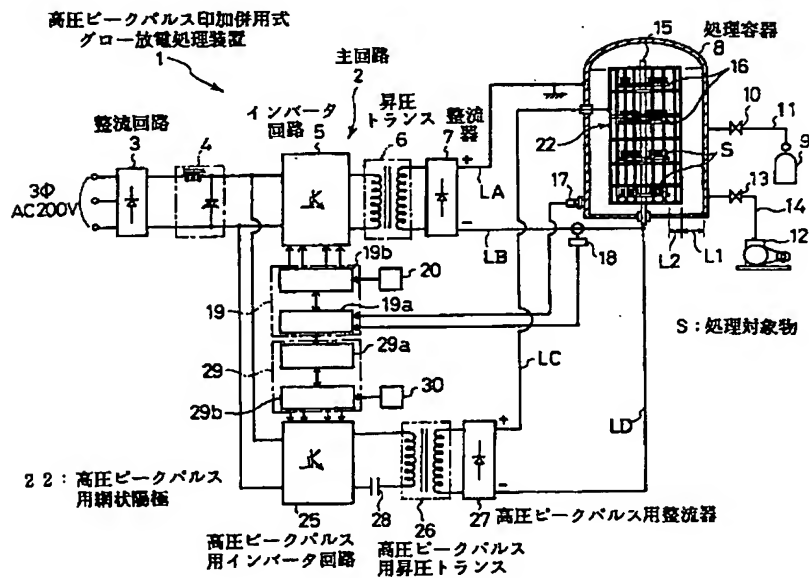
【図10】陽極に印加される印加電圧波形を示す図である。

【符号の説明】

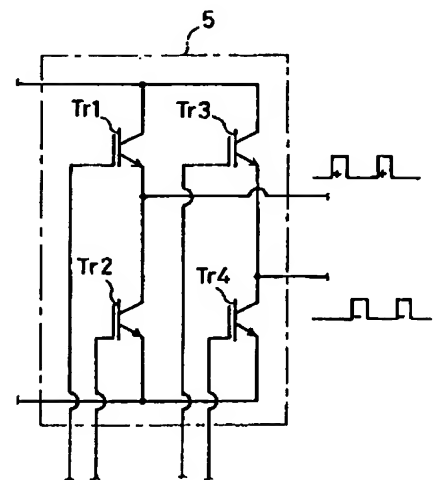
- 1 高圧ピークパルス印加併用式グロー放電処理装置
- 2 主回路
- 3 整流回路
- 5 インバータ回路
- 6、6A 昇圧トランス
- 6a 高圧ピークパルス発生用コイル

- 7 整流器
- 8 処理容器
- 22 高圧ピークパルス用網状陽極
- 25 高圧ピークパルス用インバータ回路
- 26 高圧ピークパルス用昇圧トランス
- 27 高圧ピークパルス用整流器
- S 処理対象物
- 35 火花発振電圧用昇圧トランス
- 36 コンデンサ
- 37 火花発生部
- 38 火花発振昇圧トランス
- 39 整流器
- 40 リアクトル
- 41 コンデンサ
- 42 火花発生部
- 43 火花発振昇圧トランス
- 44 整流器
- 47 整流器
- 48 コンデンサ
- 49 抵抗
- 50 パルス発生回路

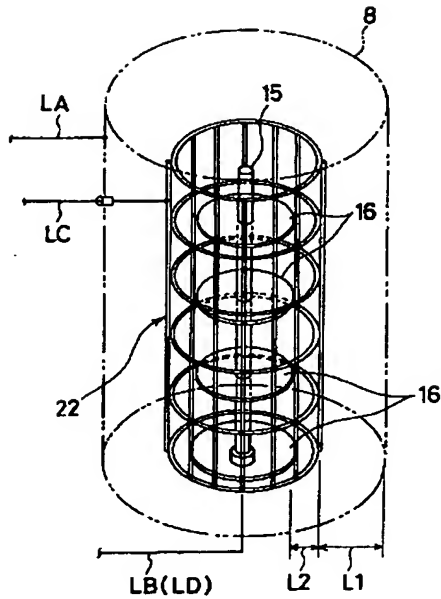
【図1】



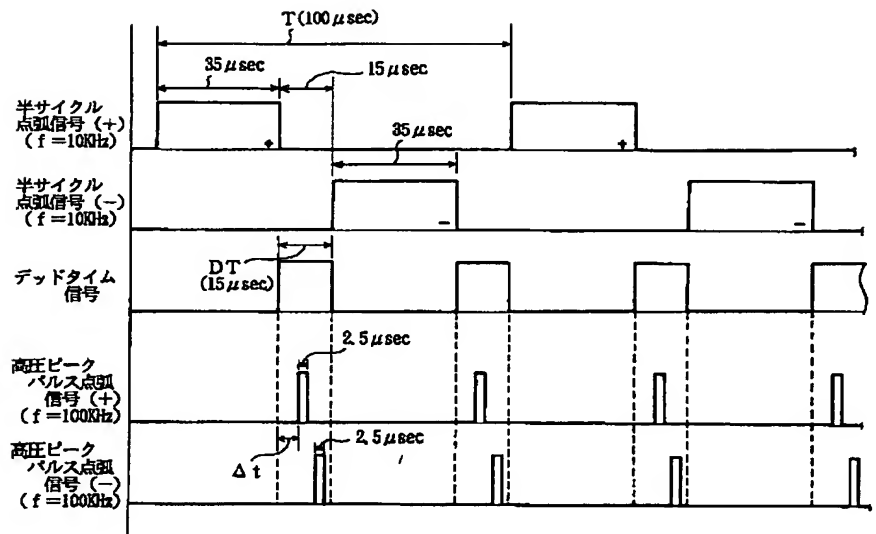
【図2】



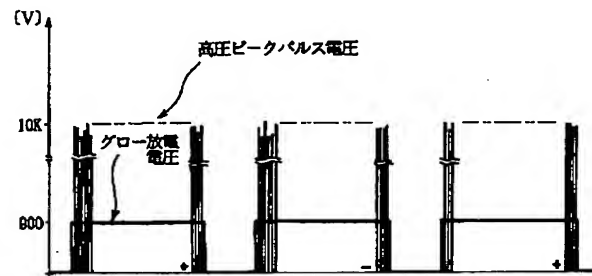
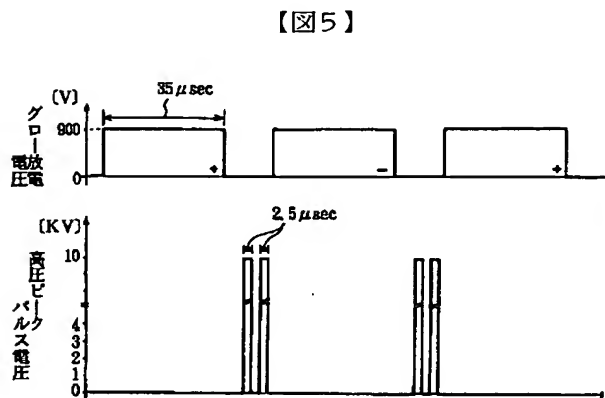
【図3】



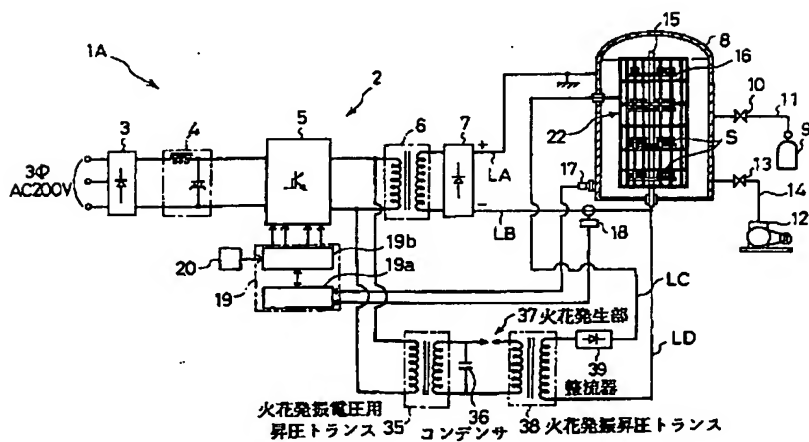
【図4】



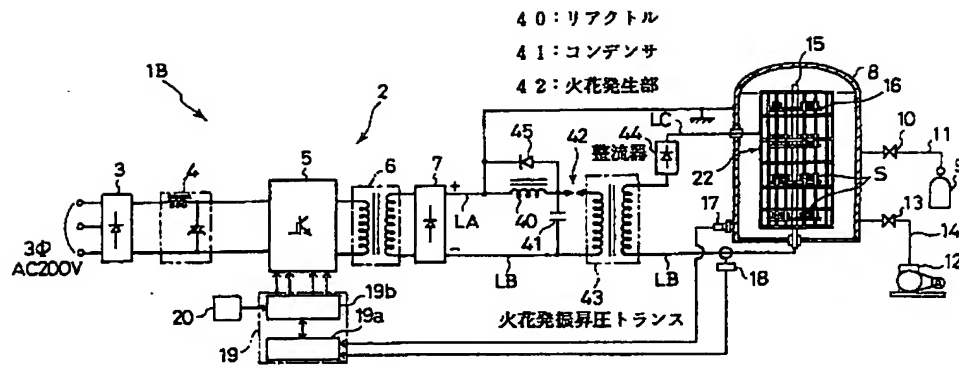
【図7】



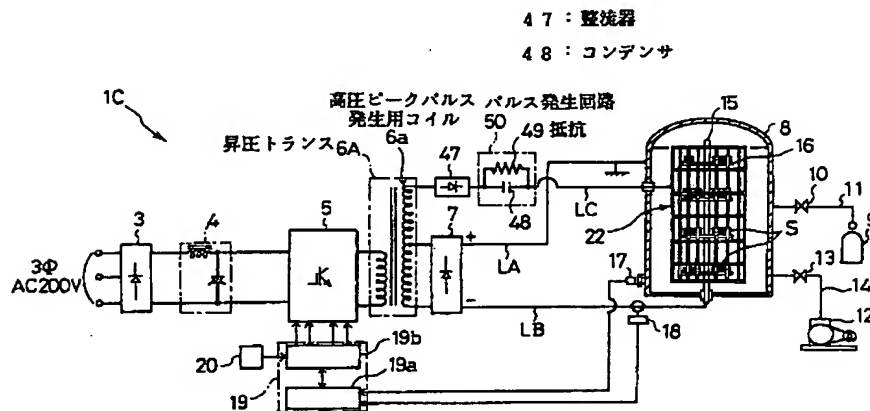
【図6】



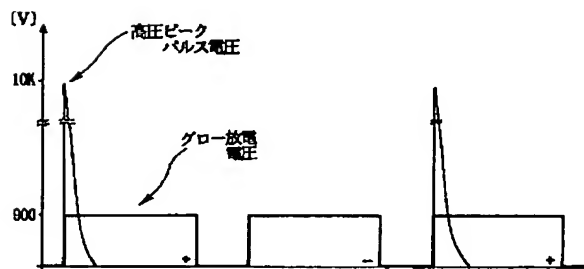
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 大島 路  
伊丹市鴻池字街道下9番1 パスカル株式  
会社内

Fターム(参考) 4K028 BA02 BA12 BA21